

Οι θέσεις του Λαμάρκ κάτω από το φως των δεδομένων της Επιγενετικής

Στα τέλη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, σε μια πυκνοκατοικημένη περιοχή της Ολλανδίας, που δοκιμαζόταν ήδη από τους περιορισμούς στη διακίνηση των τροφίμων αλλά και από άγριες καιρικές συνθήκες που εμπόδισαν την καλλιέργεια των γεωργικών περιοχών, πέθαναν από υποσιτισμό 30.000 περίπου άνθρωποι, εξαιτίας του αποκλεισμού που είχε επιβάλει η γερμανική κατοχή. Πολύ λεπτομερειακά ντοκουμέντα από την περίοδο αυτή έδωσαν στους επιστήμονες χρήσιμες πληροφορίες ώστε να μπορέσουν να αναλύσουν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στα άτομα που έχουν υποστεί διατροφική στέρηση κατά την εμβρυϊκή περίοδο της ζωής τους. Οι ερευνητές συνέδεσαν αυτές τις επιπτώσεις όχι μόνο με τις ανωμαλίες στη διάρκεια της ανάπτυξης και της ενήλικης ζωής, όπως το μικρό βάρος κατά τη γέννηση, το διαβήτη, τη στεφανιαία νόσο και τις διάφορες μορφές καρκίνου (π.χ. στήθους) αλλά και με το πόσο μικρότερο από το φυσιολογικό ήταν το βάρος που είχαν τα εγγόνια των ατόμων αυτών που στερήθηκαν την τροφή τους. Αυτή η παρατήρηση ήταν πολύ σημαντική για την επιστημονική κοινότητα, επειδή σημαίνει ότι οι διατροφικές συνήθειες της μητέρας επηρεάζουν την υγεία της με τέτοιον τρόπο ώστε όχι μόνο τα παιδιά της αλλά και τα εγγόνια της και ίσως και τα δισέγγονα της... να κληρονομήσουν προβλήματα υγείας.

Μια άλλη έρευνα, άσχετη με τον σκληρό χειμώνα της Ολλανδίας, συνέδεσε τη διατροφή κατά την προεφηβική περίοδο με το διαβήτη και τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Με λίγα λόγια, η έρευνα αυτή μας υποδηλώνει ότι επηρεαζόμαστε σημαντικά από τη διατροφή της γιαγιάς μας. Εντούτοις η ιδέα αυτή είναι αιρετική από επιστημονική άποψη διότι οδηγεί σε συμπεράσματα που ευνοούν τη λαμαρκική

* Το παρόν άρθρο αποτελεί μετάφραση διάλεξης στην École Normale Supérieure του Παρισιού με αφορμή το έτος Δαρβίνου και, από τη θέση αυτή, θέλω να ευχαριστήσω τον αγαπητό καθηγητή μου και φίλο Ζωρζ Κοέν για την παραχώρηση του άρθρου προκειμένου να δημοσιευτεί στο περιοδικό *Ουτοπία*. Ο Ζωρζ Κοέν είναι διάσημος γενετιστής και βιοχημικός, συνεργάτης της ερευνητικής ομάδας Μονό – Ζακόμπ – Λβοφ, η οποία βραβεύτηκε με το Νόμπελ για τη θεωρία του Οπερονίου και τη διαγονιδιακή ρύθμιση. (Σημείωμα της μεταφράστριας Λαοκρατίας Λάκκα).

αντίληψη για την κληρονομικότητα καθώς και την κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών!

Κάποιοι ερευνητές λοιπόν από το Πανεπιστήμιο Duke της Νότιας Καρολίνας απέδειξαν με τα πειράματά τους το έτος 2003 ότι η διατροφική διαίτα των πολύχρωμων ποντικών αγκούτι μπορεί να επηρεάσει το φαινότυπό τους, χωρίς όμως παράλληλα να γίνει αλλαγή της αλληλουχίας του DNA, αλλά μόνο μέσω της μεθυλίωσης του γονιδιωματικού τους DNA. Πολλοί ερευνητές αναφέρονται στο συγκεκριμένο άρθρο σαν να πρόκειται για μια ανακάλυψη πολύ σημαντική όσον αφορά τον τομέα των περιβαλλοντικών παραγόντων που μπορούν να τροποποιήσουν τη μεντελική κληρονομικότητα.

Η κληρονομικότητα αυτού του είδους, η μεταβίβαση κατά τη μίτωση ή τη μείωση μιας πληροφορίας που δεν περιέχεται στο γονιδίωμα, ονομάζεται *επιγενετική κληρονομικότητα*. Δεν έχει καμία σχέση με αλλαγές στην αλληλουχία του DNA του γονιδιώματος.

Ο μηχανισμός της *μεθυλίωσης* του DNA έχει μελετηθεί διεξοδικά εδώ και πολύ καιρό και είναι ο πιο γνωστός *επιγενετικός δείκτης*, φυσικά μετά τις άλλες τροποποιήσεις, όπως αυτές της *αιθυλίωσης* και της *φωσφορυλίωσης* των ιστονών που συνιστούν επίσης ρυθμιστικούς επιγενετικούς δείκτες. Οι ιστόνες συνιστούν τις πρωτεϊνικές μομφίνες γύρω από τις οποίες τυλίγεται το DNA. Η τροποποίηση των ιστονών αυτών φαίνεται ότι επηρεάζει τη γενετική έκφραση του οργανισμού, δεδομένου ότι αλλάζει τη δομή της χρωματίνης, καθιστώντας πιο εύκολη ή πιο δύσκολη την ενεργοποίηση των γονιδίων.

Δεδομένης της ευκολίας που διαθέτει το γονιδίωμα να αποκτή ή να απορρίπτει μια μεθυλική ρίζα συγκριτικά με το μηχανισμό που αφορά την αλλαγή της αλληλουχίας του, οι ερευνητές του Πανεπιστημίου Duke υποστηρίζουν ότι η *επιγενετική κληρονομικότητα* συνιστά ένα μηχανισμό που επιτρέπει στον οργανισμό να τον χρησιμοποιεί «ως τον πιο ταχύ δρόμο» για να απαντήσει σε μια περιβαλλοντική αλλαγή, χωρίς να υποχρεωθεί να αλλάξει τον σκληρό του δίσκο. Οι επιγενετικοί μηχανισμοί είναι πολύ ευαίσθητοι στις περιβαλλοντικές αλλαγές και αυτός είναι ο λόγος που στην περίπτωση των ποντικών αγκούτι μπορούν να αλλάξουν ένα φαινότυπο με δραματικό τρόπο, και μάλιστα με αποτέλεσμα ο φαινότυπος αυτός να κληρονομείται στην επόμενη γενεά.

Οι ταχείες αλλαγές της επιγενετικής κληρονομικότητας δεν θυμίζουν υποχρεωτικά τις εικόνες των λαμαρικών καμηλοπαρδάλων, των οποίων ο λαιμός επιμηκύνθηκε για να μπορούν να φθάσουν στις κορυφές των δένδρων (και συνεπώς να μπορούν να γεννούν απογόνους με μακρύτερους λαιμούς) αλλά ασφαλώς και μας οδηγούν στο να επανεξετάσουμε τις εγκαταλειμμένες εδώ και πολύ καιρό έννοιες που αφορούν την κληρονομικότητα των επίκτητων ιδιοτήτων.

Η θεωρία του Λαμάρκ, αγνοήθηκε ή πολεμήθηκε άγρια όταν ο ίδιος ήταν εν ζωή.

Σήμερα το όνομα του Λαμάρκ είναι συνδεδεμένο κυρίως με τη θεωρία της κληρονομικότητας των επίκτητων ιδιοτήτων, η οποία έχει εντελώς δυσφημιστεί. Ωστόσο ο Λαμάρκ είναι ένας από τους πρωταγωνιστές της Εξέλιξης, ο πρώτος που κατέγραψε τη χλωρίδα της Γαλλίας, ένας ερευνητής που έχει αφήσει σημαντικό έργο για τη μελέτη των ασπόνδυλων ζώων και που προέβλεψε ένα μέρος από την κυτταρική θεωρία των Schleiden και Schwann.

Ο Ιωάννης-Βαπτιστής, Αντουάν ντε Μονέτ, Ιππότης ντε Λαμάρκ γεννήθηκε στα 1744, στην περιοχή της Πικαρδίας. Ήταν το ενδέκατο παιδί μιας οικογένειας ευγενών, τα μέλη της οποίας ασχολούνταν με το επάγγελμα του στρατιωτικού από τον 16ο αιώνα. Μετά το θάνατο του πατέρα του, μιας και εκείνος δεν κατάφερε να του δοθεί ο τίτλος του αξιωματικού, ο Λαμάρκ στράφηκε προς την εκκλησιαστική καριέρα. Στα 16 του χρόνια όμως εγκαταλείπει την εκκλησία και διορίζεται στο στρατό. Ένα ατύχημα τον ανάγκασε να τεματίσει τη στρατιωτική του καριέρα και τον υποχρέωσε να δεχτεί μια θέση ταμία σε μια τράπεζα στο Παρίσι, για να κερδίσει τα προς το ζην, γεγονός που θα του επέτρεπε να συνεχίζει τις σπουδές του στην ιατρική, τις οποίες ωστόσο ποτέ δεν τελείωσε. Το ενδιαφέρον του στρεφόταν ιδιαίτερα προς τη φυσική ιστορία, τη μελέτη των κοχυλιών, τη βοτανική και τη μετεωρολογία. Μια μελέτη που δημοσίευσε στα 1775 του έδωσε την ευκαιρία να συναντήσει τον Μπυφόν, τον Υπεύθυνο του Βοτανικού Κήπου του Βασιλιά, (που θα μετονομαζόταν αργότερα σε κήπο της επανάστασης) ο οποίος τον έθεσε υπό την προστασία του και έτσι έγινε ένας από τους πιο διάσημους ειδικούς στα θέματα της βοτανικής.

Εκεί συνέχισε τη μελέτη των φυτών που είχε ξεκινήσει όταν ήταν στο στρατό καθώς και την παρατήρησή τους. Υπό την επίβλεψη του Μπυφόν, δημοσίευσε στα 1778 το κείμενο για τη *Χλωρίδα της Γαλλίας*. Σε αυτό το σύγγραμμα περιγράφει τη μέθοδο με την οποία ο καθένας μπορεί να ταυτίσει και να ταξινομήσει ένα φυτό, χάρη στην οποία απέκτησε τη φήμη του ως επιστήμονας, κι έτσι το επόμενο έτος εκλέχτηκε στην Ακαδημία των Επιστημών.

Με τη βοήθεια του Μπυφόν έγινε βοηθός στον Βοτανικό Κήπο του Βασιλιά, ο οποίος αποτελούσε επιπλέον και ένα σημαντικό εκπαιδευτικό ερευνητικό και ιατρικό κέντρο. Στα 1781, πάντα με τη βοήθεια του γνωστού φυσιολόγου Μπυφόν, γίνεται ο φύλακας των βασιλικών κήπων και δημοσιεύει στην *Εγκυκλοπαίδεια* το κεφάλαιο που είναι αφιερωμένο στη Βοτανική.

Κατά την περίοδο της Γαλλικής Επανάστασης αλλάζει το όνομα του με τους τίτλους με το απλό Λαμάρκ. Εξαιτίας της πενιχρής αμοιβής του, ζούσε φτωχικά και προσπαθούσε να διατηρήσει το πόστο του βοηθού στον Βοτανικό Κήπο, ενάντια στους γραφειοκράτες του Εθνικού Κοινοβουλίου, που προσπαθούσαν να κάνουν οικονομίες.

Ο Βοτανικός Κήπος οργανώθηκε εκ νέου στα 1793 και μετονομάστηκε σε Εθνι-

κό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, στο οποίο εργάζονταν δώδεκα καθηγητές, σε δώδεκα διαφορετικούς τομείς. Ο Λαμάρκ, λόγω της συμμετοχής του στην ίδρυση τού εν λόγω μουσείου, αναλαμβάνει την έδρα της Φυσικής Ιστορίας των Εντόμων και των Ασπόνδυλων Ζώων, ένα αντικείμενο που του ήταν πλήρως άγνωστο! Χρειάζεται να υπογραμμίσουμε εδώ ότι από την εποχή του Λινναίου πολλοί λίγοι επιστήμονες θεωρούσαν ότι υπήρχε κάποιος συγκεκριμένος λόγος να ασχοληθεί κανείς με τη μελέτη των ασπόνδυλων. Ακόμη και ο όρος *ασπόνδυλα* δεν υπήρχε. Ο Λαμάρκ είναι αυτός που τον εισήγαγε, όπως και τον όρο *Βιολογία*, θέλοντας να περιγράψει την επιστήμη των έμβιων όντων. Αυτός είναι και ο λόγος για το οποίο θεωρείται θεμελιωτής αυτού του επιστημονικού κλάδου.

Οι συλλογές των ασπόνδυλων του μουσείου ήταν τεράστιες και συνεχώς μεγάλωναν, αλλά ήταν πολύ άσχημα οργανωμένες και ταξινομημένες. Παρά το γεγονός ότι υπήρχε ισοτιμία μεταξύ των δώδεκα εδρών του μουσείου, η έδρα των εντόμων και ασπόνδυλων δεν ήταν τόσο σημαντική. Με πολύ κουράγιο ο Λαμάρκ άρχισε να μαθαίνει τα σχετικά με τον κλάδο, με αποτέλεσμα να δημιουργήσει έναν καινούργιο κλάδο της Βιολογίας. Ο μεγάλος αριθμός και η ποικιλότητα των ασπόνδυλων αποδείχτηκε ότι αποτελούσαν μεγάλη πηγή επιστημονικής πληροφορίας, και ο Λαμάρκ εισήγαγε μία ταξινόμηση που υιοθετήθηκε από όλους χωρίς διαφωνίες. Αυτές οι μελέτες του δημοσιεύονται σε επτά τόμους με τον τίτλο *Φυσική ιστορία των ασπόνδυλων* (1815-1822).

Ο Λαμάρκ είναι ο πρώτος, που διαχώρισε τις τάξεις των *καρκινοειδών*, των *αραχνοειδών*, των *εντόμων* και των *δακτυλιοσκαλήμων*. Η ταξινόμηση των μαλάκων ήταν πολύ ανώτερη από αυτή που είχε γίνει πριν.

Η ιδέα του ότι οι μεμβράνες που καλύπτουν τον εγκέφαλο, τα νεύρα, τα αγγεία, τις μυϊκές ίνες και το δέρμα αποτελούν προϊόντα κυτταρικής μορφής αποτέλεσε τον προάγγελο της κυτταρικής θεωρίας των Schleiden και Schwann. Ο Λαμάρκ είναι ο πρώτος που κατανόησε ότι ο κυτταρικός ιστός αποτελεί το καλούπι για κάθε οργάνωση και ότι χωρίς αυτόν δεν μπορεί να υπάρξει έμβιο όν.

Φυσικά, παράλληλα έβρισκε και το χρόνο να γράφει άρθρα σχετικά με τη φυσική και τη μετεωρολογία!

Εντούτοις, οι εργασίες του δεν αξιολογήθηκαν σωστά όσο ήταν ακόμη στη ζωή και ποτέ δεν έλαβε σεβασμό και κύρος από το συμπαραστάτη του, τον Μπυφόν, ή από το συνάδελφό του, τον Κυβιέ. Παρά το ότι ο Κυβιέ είχε εκτιμήσει το έργο του Λαμάρκ για τα ασπόνδυλα, αμφισβητούσε τη θεωρία του σχετικά με την εξέλιξη και χρησιμοποίησε το κύρος του εναντίον του.

Το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του ο Λαμάρκ το πέρασε αγωνιζόμενος με τη φτώχεια του. Γύρω στα 1818 άρχισε να μειώνεται και η όραση του, ενώ την τελευταία δεκαετία της ζωής του την έζησε εντελώς τυφλός, έχοντας κοντά του τις αφοσιωμένες κόρες του (είχε χηρέψει τέσσερις φορές). Η μία κόρη του, η Κορνηλία,

έγραψε με τη δική του επίβλεψη και το τελευταίο κεφάλαιο του έργου του «σχετικά με τις θετικές γνώσεις του ανθρώπου». Μετά το θάνατό του, στο σπίτι του μέσα στο μουσείο, στις 28 Δεκέμβρη του 1829, η ταφή του έγινε φτωχικά στο ναό του νεκροταφείου του Μονπαρνάς. Τα οστά του στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στις κατακόμβες του Παρισιού και δεν ταυτίστηκαν ποτέ αργότερα.

Όμως τις πιο αμφισβητούμενες θεωρίες του, που σήμερα τις κατατάσσουμε κάτω από τον τίτλο «Λαμαρκισμός», τις παρουσίασε στο βιβλίο του με τίτλο *Φιλοσοφία των Ζώων*, στα 1809. Πέθανε χωρίς να έχουν αναγνωριστεί οι μελέτες του από την επιστημονική κοινότητα, και μόνο εξήντα χρόνια αργότερα επανήρθε ο λαμαρκισμός στο προσκήνιο.

Ο Λαμάρκ πίστευε στην κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με τις απόψεις του «σε κάθε ζώο που δεν έχει περάσει το όριο της ανάπτυξής του, η χρήση ενός οποιουδήποτε οργάνου το δυναμώνει σιγά σιγά, του δίνει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί, το καθιστά μεγαλύτερο και του προσφέρει μια δύναμη ανάλογη με τη διάρκεια της χρήσης, ενώ η σταθερή απουσία χρήσης αυτού του οργάνου το αποδυναμώνει, το καταστρέφει, του μειώνει προοδευτικά τις ιδιότητές του και τελικά το οδηγεί στην εξαφάνιση». Και παρακάτω αναφέρει: «όλα αυτά τα χαρακτηριστικά που η Φύση έχει καταφέρει να αποκτήσουν ή να χάσουν οι οργανισμοί κάτω από την επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος στο οποίο η φυλή τους εκτίθεται σταθερά από πολύ καιρό, και συνεπώς όλα αυτά που έχουν αποκτήσει από την επίδραση της μεγάλης χρήσης ενός οργάνου τους, ή από τη σταθερή έλλειψη χρήσης αυτού του οργάνου, η φύση τα διατηρεί για την επόμενη γενιά, άσχετα με το αν είναι κοινές και στα δύο φύλλα αυτές οι αλλαγές ή σε αυτούς τους οργανισμούς που έδωσαν γένεση σε αυτά τα άτομα».

Έτσι προέκυψε το περίφημο παράδειγμα του τυφλοπόντικα που είναι ουσιαστικά τυφλός «δεδομένου ότι εξαιτίας των συνηθειών του χρησιμοποιεί ελάχιστα την όραση» ή ακόμη η περίπτωση της καμηλοπάρδαλης που, λόγω του ότι ζει «σε περιοχές όπου η γη είναι σχεδόν ξερή και χωρίς πράσινο χορτάρι με αποτέλεσμα να υποχρεώνεται να βόσκει τα φύλλα των δένδρων», ο λαιμός της έγινε μακρύτερος ώστε να της δίνει τη δυνατότητα να φθάνει το κεφάλι της στο ύψος των έξι μέτρων. Σύμφωνα με τα πιστεύω του Λαμάρκ, η καμηλοπάρδαλη προσαρμόστηκε στο περιβάλλον, μακραίνοντας το λαιμό της, που πριν από 10 εκατομμύρια χρόνια δεν ήταν μακρύτερος από το λαιμό μιας αντιλόπης, που κι αυτή ανήκει στην ίδια οικογένεια με τις καμηλοπαρδάλεις. Παρά το γεγονός ότι η εξήγηση του Λαμάρκ για την εξέλιξη δεν είναι σωστή, είναι λάθος να πούμε ότι ήταν κακός επιστήμονας. Αυτό που συνέβαινε είναι ότι οι απόψεις του ταίριαζαν με το ερευνητικό βιολογικό κλίμα της εποχής του. Ωστόσο αυτός είναι ο πρωταγωνιστής χάρη στον οποίο σφυρηλατήθηκε ο κλάδος της βιολογίας ως αυτόνομος κλάδος.

Για τον Λαμάρκ, η εξέλιξη των ειδών είναι ένα δεδομένο που έχει αποδειχθεί...

Η θεωρία του υποστηρίζει την εξήγηση της εξέλιξης των ειδών κάτω από την επίδραση του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των οργάνων, στην τροποποίηση αυτών των οργάνων από τη χρήση ή όχι και τέλος στην κληρονομικότητα των αποκτηθέντων χαρακτηριστικών. Εάν αυτή η θεωρία περιέχει λάθη, ωστόσο αξίζει να αναφερθεί ότι αποτελεί το *πρώτο σχέδιο* της έννοιας της εξέλιξης των ειδών. Αυτές όμως οι καινοτόμες ιδέες του για την εξέλιξη, πολεμήθηκαν έντονα... Οι θρησκόληπτοι και οι υπέρμαχοι της σταθερότητας των ειδών ενώθηκαν σε συμμαχία ενάντια στον φυσιοκράτη Λαμάρκ. Οι ιδέες του συγκρούστηκαν με αυτές του Ζωρζ Κυβιέ, που ήταν υπέρμαχος του δημιουργισμού και του φιξισμού (σταθερότητα των ειδών) αλλά και πολύ διάσημος επιστήμονας – για τον οποίο η εξαφάνιση ορισμένων ειδών και η δημιουργία νέων ήταν αποτέλεσμα των μεγάλων φυσικών καταστροφών, όπως του Κατακλυσμού, εξ ου και η έκφραση για την ονομασία της θεωρίας του: *θεωρία του καταστροφισμού*. Ο Κυβιέ, που ήταν διευθυντής του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας, πολέμησε άγρια τον Λαμάρκ, κατηγορώντας τον ότι «τοποθετεί τα θεμέλια της θεωρίας του σε φαντασιώδεις βάσεις».

Ας κρατήσουμε όμως στο νου μας το δεδομένο ότι ο Λαμάρκ, που υπήρξε μέγας γνώστης των έμβιων όντων, ένας φυσιοκράτης όπως τους ονόμαζαν, υπήρξε όντως μεγάλος καινοτόμος για την εποχή του, όταν ο ίδιος ισχυριζόταν ότι οι οργανισμοί εξελίσσονται. Ο μηχανισμός που πρότεινε για την εξέλιξη εγκαταλείφθηκε προς όφελος της θεωρίας του Κάρολου Δαρβίνου, ο οποίος πρότεινε τη φυσική επιλογή ως κινητήρια δύναμη της εξέλιξης, προσαρμοσμένη στις συνθήκες ορισμένων παραμέτρων που υπάρχουν στους φυσικούς πληθυσμούς, ενώ οι λιγότερο προσαρμοσμένοι δεν ευνοούνται. Η φυσική επιλογή οδηγεί σε ένα πληθυσμό απογόνων που θα διαφέρει από τον προγονικό πληθυσμό. Παρά τη θεμελιώδη διαφορά των δύο θεωριών, ο Δαρβίνος έγραψε την ακόλουθη φράση στα 1861: «ο Λαμάρκ είναι ο πρώτος άνθρωπος του οποίου τα συμπεράσματα πάνω στην εξέλιξη αξίζουν προσοχής. Είναι αυτός που προσέφερε μεγάλη υπηρεσία με το να προσελκύσει το ενδιαφέρον πάνω στο δεδομένο ότι η πιθανότητα κάθε αλλαγής της ζωής των όντων είναι αποτέλεσμα νόμων και όχι θεϊκών επεμβάσεων».

Όπως λέει και κάποιος ερευνητής από το Πανεπιστήμιο της Ουψάλας, η βασική ιδέα του Λαμάρκ ήταν σωστή αλλά τα παραδείγματα που διάλεξε άστοχα.

Αν και ο επιγενετικός μηχανισμός, έτσι όπως τον γνωρίζουμε σήμερα, δηλαδή οι κληρονομικές αλλαγές έκφρασης και γονιδιακής ρύθμισης που είναι ανεξάρτητες από την αλληλουχία του DNA, έγινε γνωστός μόνο την τελευταία εικοσαετία, ωστόσο ο όρος της επιγενετικής χρησιμοποιείται από τις αρχές της δεκαετίας του 1940. Ο αναπτυξιακός βιολόγος Κόνραντ Γουάντινκτον χρησιμοποίησε τον όρο για τη μελέτη των διαδικασιών με τις οποίες οι γονότυποι δίνουν γένεση στους φαινότυπους, σε αντίθεση με τη γενετική που μελετά άμεσα τους γονότυπους. Ορισμένες αναφορές μας υποδεικνύουν ότι ο όρος είναι πολύ παλαιότερος και από

την εποχή του Γουάντινκτον, κι έχει τις ρίζες του στα 1759. Εκείνη την εποχή ο Βολφ, ονόμασε επιγένεση τη μελέτη της ανάπτυξης του εμβρύου από το γονιμοποιημένο ωάριο. Ωστόσο τότε ο όρος αναφερόταν στα φαινόμενα που είχαν σχέση με την εμβρυϊκή ανάπτυξη.

Φαίνεται ότι σήμερα η σημασία του όρου καθώς και όλων των παραγώγων του έχει περάσει μέσα στην επιστημονική γλώσσα και στα παράγωγα αυτής: επιαλληλόμορφα γονίδια (γονίδια που έχουν υποστεί διάφορες μορφές μεθυλίωσης) επιγονιδίωμα, επιγενετική θεραπεία (φάρμακα που έχουν στόχο δείκτες επιγενετικούς κ.λπ.)

Οι βιολόγοι εδώ και χρόνια υποστήριζαν ότι ορισμένες μορφές κυτταρικής πληροφορίας μπορούν να μεταδοθούν από τη μια γενιά στην άλλη, ακόμη και χωρίς να αλλάζουν οι αλληλουχίες του DNA. Ορισμένοι ισχυρίζονται ότι αυτή η ιδέα έχει ξεκινήσει από την εποχή της ανακάλυψης των μεταθετών στοιχείων στο καλαμπόκι από την Μπάρμπαρα Μάκλιντοκ (βραβείο Νόμπελ). Τα μεταθετά στοιχεία του ανθρώπινου γονιδιώματος, που είναι πλούσια σε ομάδες μεθυλίωσης αποτελούν ένα μεγάλο μέρος του που δεν μπορεί να το αγνοήσουμε. Στην πραγματικότητα, το τρίχωμα των ποντικών αγκούτι είναι κίτρινο, καφέ ή ένα ενδιάμεσο χρώμα ανάλογα με τις μεθυλικές ομάδες που συνδέονται με ένα μεταθετό γονίδιο στη θέση 5 του γονιδίου του αγκούτι. Ο αριθμός των μεθυλικών ομάδων εξαρτάται από τη διατροφή: εάν τρέφουμε τα ποντίκια κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης με περίσσεια φυλικού οξέος ή άλλων τροφών πλούσιων σε μεθυλικές ομάδες, οι απόγονοι που δέχτηκαν αυτές τις τροφές θα έχουν καφέ τρίχωμα, ενώ τα ποντίκια που δεν έλαβαν αυτά τα στοιχεία στην τροφή τους θα έχουν κίτρινο τρίχωμα, με μια προδιάθεση στην παχυσαρκία, το διαβήτη και τον καρκίνο. Οι μεθυλικές ομάδες που συνδέονται με το μεταθετό γονίδιο στη θέση 5 αναστέλλουν την έκφραση του γονιδίου χωρίς την αλλαγή της αλληλουχίας του DNA.

Τα επιγενετικά μηνύματα δρουν ωσάν πραγματικοί παράγοντες μετάλλαξης. Αυτές οι τροποποιήσεις που έρχονται να προστεθούν στο DNA «ανάβουν» ή «σβήνουν» τη δράση των γονιδίων. Το DNA περιέχει κατά κάποιο τρόπο τη μνήμη του είδους και της γενεαλογικής σειράς, ενώ τα επιγενετικά φαινόμενα συνιστούν ένα πρόγραμμα που θα αποφασίσει ποια γονίδια θα ενεργοποιηθούν ή θα ανασταλούν.

Το περιβάλλον επηρεάζει τα επιγενετικά σήματα, που και αυτά μπορεί να αποκτήσουν μικρές αλλαγές. Αυτές οι επιμεταλλάξεις είναι πιο συχνές από τις κλασικές μεταλλάξεις του DNA. Κι ενώ πιστεύαμε ότι θα διαγράφονταν συστηματικά κατά το σχηματισμό των ωαρίων και των σπερματοζωαρίων, τελικά, αυτές δεν διαγράφονται. Συμμετέχουν μάλιστα στις διαδικασίες της προσαρμογής στο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα γίνεται και με την προσαρμογή των ατόμων στη μείωση του οξυγόνου στα μεγάλα ύψη.

Όλα αυτά μας οδηγούν στο εξής ερώτημα:

Η επιγενετική κληρονομικότητα συνιστά άραγε και ανθρώπινο μηχανισμό; Και βέβαια ο διατροφικός αποκλεισμός που επέβαλε η γερμανική κατοχή στην Ολλανδία αποτελεί το πρώτο βήμα. Αλλά χρειάζεται να αποδείξουμε σε μοριακό επίπεδο ότι αυτό το φαινόμενο οφειλόταν σίγουρα σε επιγενετικούς μηχανισμούς, αποδεικνύοντας, για παράδειγμα, μια ανώμαλη ενεργοποίηση ενός γονιδίου. Αυτή η τελευταία απόδειξη έγινε προσφάτως: σε ένα άρθρο που δημοσιεύτηκε το 2008 στο περιοδικό *Proceedings of the National Academy of Science*. Στο άρθρο αυτό ο Lambert Lumey, από το Πανεπιστήμιο Κολούμπια της Νέας Υόρκης, και ο Bastian Heijmans από το Ιατρικό Κέντρο του Πανεπιστημίου Λέυντεν της Ολλανδίας με τους συνάδελφους τους μελέτησαν το βαθμό μεθυλίωσης σε πέντε σημεία του DNA που ανήκουν σε ένα γονίδιο, το IFG2, των ατόμων αυτών που η έγκυος μητέρα τους έζησε στις διατροφικές συνθήκες του 1944-45, όταν οι Ναζί είχαν επιβάλει το εμπάργκο στον πληθυσμό των Κάτω Χωρών, με αποτέλεσμα να τρέφεται με λιγότερες από 700 θερμίδες την ημέρα. Η σύγκριση έγινε με τα αποτελέσματα των ατόμων του ίδιου φύλου που γεννήθηκαν από την ίδια μητέρα πριν από το διατροφικό εμπάργκο. Το αποτέλεσμα ήταν το εξής: ο βαθμός μεθυλίωσης του γονιδίου IFG2 είναι σαφώς κατώτερος σε αυτά τα άτομα.

Οι επιστήμονες ευελπιστούν να βρουν την ίδια απόδειξη και στα μοντέλα των ζώων που χρησιμοποιούν στο εργαστήριο. Έτσι η διερεύνηση των μοριακών μηχανισμών στο ποντίκι, που θα ερμηνεύουν την επιδημία της παχυσαρκίας της σύγχρονης εποχής, θα προσφέρει σύντομα τα αποτελέσματά της.

Εάν η υπόθεση της επιγενετικής κληρονομικότητας επιβεβαιωθεί, θα ανοίξουν νέοι ορίζοντες. Αυτό θα σημαίνει ότι κάποιες γενετικές παθήσεις θα οφείλονται όχι σε αλλαγές της αλληλουχίας των γονιδίων αλλά στις επιμεταλλάξεις. Οι επιγενετικοί μηχανισμοί θα καταστούν οι νέοι στόχοι για τη δημιουργία των νέων φαρμάκων. Αναμένοντας αυτά τα δεδομένα επιβεβαίωσης, μπορούμε ήδη να αναθεωρήσουμε τις απόψεις μας για την κληρονομικότητα και να υπερασπιστούμε την ιδέα ότι δεν είμαστε το καθαρό προϊόν των γονιδίων μας.

Και βέβαια δεν πρέπει να εξαχθεί από τα προηγούμενα το συμπέρασμα ότι η μεντελική γενετική είναι λανθασμένη. Η κατανόηση των επιγενετικών αλλαγών και του ρόλου τους στην κληρονομικότητα και στην ανάπτυξη δεν δίνει στην επιγενετική μεγαλύτερο κύρος από αυτό που αποδόθηκε στο DNA.

Μετάφραση: Λαοκρατία Λάκκα